universite
MOHAMED I
oujda

feliere smpc s1

exam de thermodynamique

session normale 2011_2012

avec correction

UNIVERSITE MOHAMED 1ER FACULTE DES SCIENCES DEPARTEMENT DE PHYSIQUE OUJDA	FILIERE: SM SEMESTRE S1 ANNEE : 2011-2012

EXAMEN DE PHYSIQUE DE LA SESSION ORDINAIRE:21 JANVIER 2012
MODULE DE PHYSIQUE 1 ; EPREUVE DE THERMODYNAMIQUE
Durée : 1h30min

Documents non autorisés, calculatrices non programmables et non graphiques autorisés. Téléphones portables éteints. Les candidats doivent respecter les notations de l'énoncé et préciser, dans chaque cas, la numérotation de la question posée. Une grande attention sera apportée à la clarté de la rédaction et à la présentation des résultats.

Exercice 1 (08 points) :

1°) En considerant V comme une fonction de T et P, écrire l'expression de la différentielle de V (c'est-à-dire, dV).

2°) Au cours d'une très petite transformation thermodynamique d'un gaz reel (de volume V, pression P, temperature T et nombre de moles n), la variation du volume est donnée par : $dV = \frac{nR}{P}dT - \frac{nRT}{P^2}dP$ où R est la constante des gaz parfaits. Donner l'equation d'etat de ce gaz ($V = V(T, P)$).

3°) Les differentielles totales de l'energie interne et de l'entropie peuvent etre ecrites sous la forme : $dU = c_V dT + (l - P)dV$ et $dS = \frac{c_V}{T}dT + \frac{l}{T}dV$ où c_V et l sont des coefficients calorimetriques qui peuvent dependre des variables d'etats, P est la pression, V le volume et T la temperature.

a°) Expliciter les relations imposées par le fait que dU et dS sont des differentielles totales exactes des fonctions U(T, V) et S(T, V).

b°) En deduire les deux relations : $l = T\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ et $\left(\frac{\partial c_V}{\partial V}\right)_T = T\left(\frac{\partial^2 P}{\partial T^2}\right)_V$

Exercice 2 (12 points) : Une mole de gaz parfait decrit la suite de transformations suivantes :

- Une compression adiabatique de l'état A (P_A, V_A, T_A) à l'état B (P_B, V_B, T_B),
- Un echauffement isochore de l'état B à l'état C (P_C, $V_C = V_B$, T_C),
- Une détente adiabatique de l'état C à l'état D (P_D, $V_D = V_A$, T_D),
- Un refroidissement isochore de l'état D à l'état A.

On donne :

→ C_P et C_V qui sont respectivement les capacités calorifiques à pression constante et à volume constant du gaz, $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = cte$ et la relation de Mayer $C_P - C_V = R$

→ $\delta Q = C_V\, dT + P\, dV$

1°) Tracer l'allure du cycle dans un diagramme (P, V). Indiquer par une fleche entrante, la chaleur reçue et par une fleche sortante celle cedée.

2°) determiner pour une transformation isochore, la fonction T = T(S) et discuter la variation de T avec S.

3°) Tracer l'allure du cycle dans un diagramme (T, S). On note que lors d'une compression adiabatique la temperature augmente alors que lors d'une detente adiabatique la temperature diminue.

4°) Determiner les expressions de Q_{BC} et Q_{DA} en fonction de γ, R et les temperatures correspondantes.

5°) Exprimer le rendement ρ en fonction de T_A, T_B, T_C et T_D.

6°) Determiner les expressions des rapports T_B/T_A et T_C/T_D en fonction de $K = V_A/V_B$ et γ.
On donne l'equation de l'adiabatique : $TV^{\gamma-1} = cte$

7°) En deduire l'expression de ρ en fonction de K et γ et faire l'application numerique pour K = 9 et $\gamma = 1{,}5$. On donne : $\frac{T_A}{T_B} = \frac{T_D-T_A}{T_C-T_B}$

---*Bonne chance !*

universite
MOHAMED I
oujda

feliere smpc s1

correction

FB/fac.science.oujda

Solution de l'examen
Thermodynamique SM – S1 –
20 Février 2012 Session ordinaire

Exercice 1

1°/ $V(T,P) \Longrightarrow dV = \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P dT + \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T dP$ 1 Pt

2°/ $dV = \frac{nR}{P} dT - \frac{nRT}{P^2} dP$

on a $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \frac{nR}{P}$

$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -\frac{nRT}{P^2}$

$P = cte \Rightarrow \frac{dV}{dT} = \frac{nR}{P} \Rightarrow dV = \frac{nR}{P} dT$

$\Longrightarrow V(T,P) = \frac{nRT}{P} + f(P)$

$\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -\frac{nRT}{P^2} + f'(P) = -\frac{nRT}{P^2} \Rightarrow f'(P) = 0$

$\Longrightarrow f(P) = cte = C$

$\Longrightarrow \boxed{V(T,P) = \frac{nRT}{P} + C}$ 2 pts

3°/ $dU = C_V dT + (l - P) dV$

$dS = \frac{C_V}{T} dT + \frac{l}{T} dV$

a°/ dU D.T.E $\Rightarrow \left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial (l-P)}{\partial T}\right)_V$ 1 pts [redacted]

$\Rightarrow \left(\frac{\partial C_V}{\partial V}\right)_T = \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_V - \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ 1

dS = D.T.E $\Rightarrow \left(\frac{\partial\left(\frac{c_v}{T}\right)}{\partial v}\right)_T = \left(\frac{\partial\left(\frac{l}{T}\right)}{\partial T}\right)_v$

$\Rightarrow \frac{1}{T}\left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = \frac{1}{T}\left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_v - \frac{l}{T^2}$ 1 p

$\Rightarrow \left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = \left(\frac{\partial l}{\partial T}\right)_v - \frac{l}{T}$ (2)

%

(1) = (2) $\Rightarrow \boxed{l = T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v}$ 1,5 pts

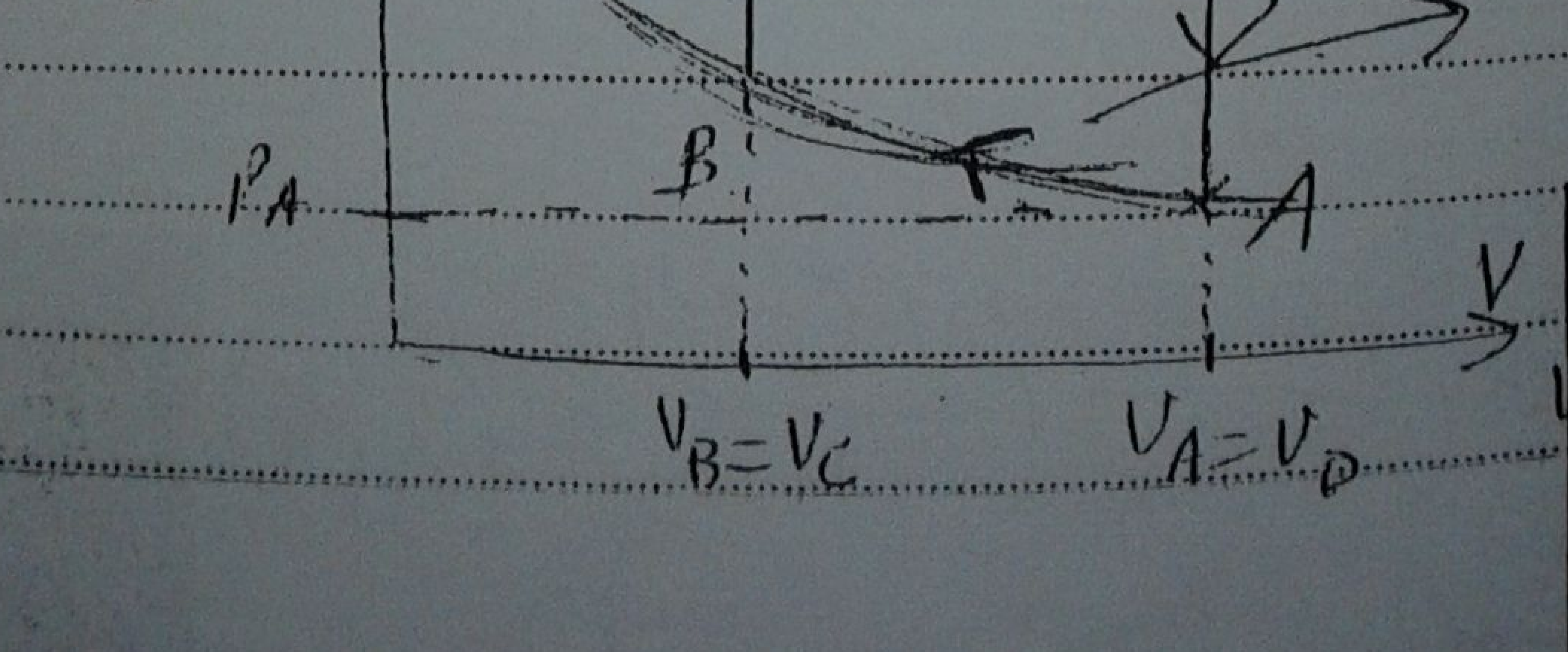
(1) $\Rightarrow \left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = \left[\frac{\partial}{\partial T}\left[T\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v\right]\right]_v - \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v$

$= T\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_v + \cancel{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v} - \cancel{\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_v}$

$\Rightarrow \boxed{\left(\frac{\partial c_v}{\partial v}\right)_T = T\left(\frac{\partial^2 p}{\partial T^2}\right)_v}$ 1,5

Exercice 2

1/



1,5 pts

[redacted]

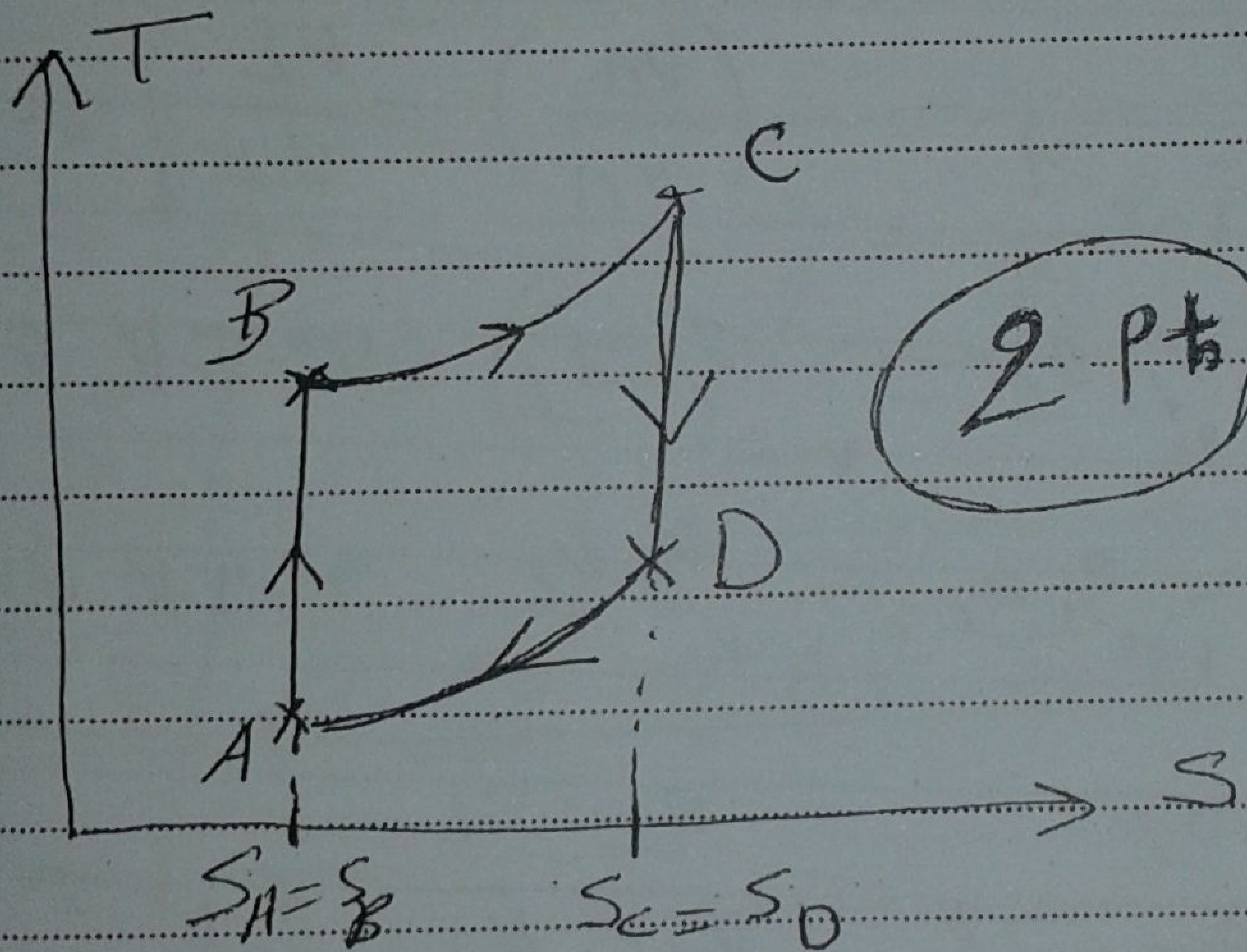
°/ $V = cte \Rightarrow dS = \frac{c_v}{T}dT \Rightarrow \frac{dS}{c_v} = \frac{dT}{T}$

$\Rightarrow \frac{S}{c_v} = \log T + cte = \log T - \log K = \log \frac{T}{K}$

$\Rightarrow \boxed{T = K e^{S/c_v}}$ 1 pts

si $S \nearrow \Rightarrow T \nearrow$ et si $S \searrow \Rightarrow T \searrow$ 0,5 pt

3°/



2 pts

4°/ BC ISOCHORE $\delta Q = c_v\, dT$

$\Rightarrow Q_{BC} = c_v \int_{T_B}^{T_C} dT = c_v(T_C - T_B)$

$\frac{c_p}{c_v} = \gamma$ et $c_p - c_v = R \Rightarrow \gamma - 1 = \frac{R}{c_v}$

$\Rightarrow c_v = \frac{R}{\gamma - 1}$

$\boxed{Q_{BC} = \frac{R}{\gamma - 1}(T_C - T_B)}$ 1 pts

[redacted]

DA ISOCHORE $\delta Q = C_v \, dT$

$$Q_{DA} = C_v \int_{T_D}^{T_A} dT \Rightarrow Q_{DA} = C_v (T_A - T_D)$$

$$\boxed{Q_{DA} = \frac{R}{\gamma - 1}\left(T_A - T_D\right)}$$ 1 pts

% $\rho = -\frac{W}{Q_{reçu}} = \frac{Q_{BC} + Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{Q_{DA}}{Q_{BC}}$

$$\boxed{\rho = 1 + \frac{T_A - T_D}{T_C - T_B} = 1 - \frac{T_D - T_A}{T_C - T_B}}$$ 2 pts

/ AB Adiab. $T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1}$ (1)

CD Adiab $T_C V_B^{\gamma-1} = T_D V_A^{\gamma-1}$ (2)

(1) $\Rightarrow \boxed{\frac{T_B}{T_A} = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1} = K^{\gamma-1}}$ 0,5 pts

(2) $\Rightarrow \boxed{\frac{T_C}{T_D} = \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1} = K^{\gamma-1}}$ 0,5 pts

[redacted]

$$\rho = 1 - \frac{T_D - T_A}{T_C - T_B} = 1 - \frac{T_A}{T_B}$$

$$\rho = 1 - \frac{T_A}{T_B} = 1 - k^{1-\gamma}$$

$$\boxed{\rho = 1 - k^{1-\gamma}}$$ 1pts

$= 9$

$= 1,5$

$$\Rightarrow \rho = 1 - 9^{0,5} = 1 - \frac{1}{\sqrt{9}}$$

$$\boxed{\rho \cong 0,67 = 67\%}$$ 1p

[redacted]

وفي الاخير اتمنى انكم استفدتم من هذه التمارين . واذا كنتم تتوفرون على تمارين او امتحانات او اي شيء متعلق بالجامعة المرجو مشاركته للاستفادة الجميع .